



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 04 588 B3 2004.04.15

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 103 04 588.0

(22) Anmeldetag: 05.02.2003

(43) Offenlegungstag: -

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 15.04.2004

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F16H 61/08

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Adolph, Dirk, Dipl.-Ing., 70327 Stuttgart, DE;  
Schäfer, Joachim, Dipl.-Ing. (FH), 73642 Welzheim,  
DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 196 10 104 A1

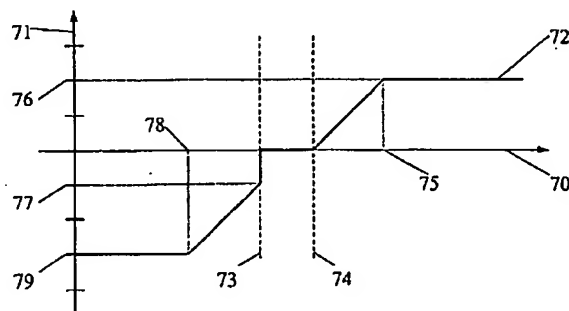
EP 07 82 675 B1

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Betrieb eines Zahnradwechselgetriebes eines Kraftfahrzeugs

(57) Zusammenfassung: Bei schnellen Gangwechseln von einem Ursprungsgang in einen Zielgang kann es durch ein zu schnelles Anfahren der Synchronisierung des Zielgangs zu unangenehm spürbaren Synchronschlägen kommen. Es ist die Aufgabe der Erfindung ein Verfahren vorzuschlagen, welches schnelle und dennoch komfortable Gangwechsel möglich macht.

Das Zahnradwechselgetriebe verfügt über ein von einer Steuerungseinrichtung mit einem Ansteuersignal angesteuertes Stellglied, mittels welchem ein Schaltelement zum Aus- und Einlegen von Gängen betätigt werden kann. Erfindungsgemäß wird bei einem Gangwechsel ein Ablaufmerkmal, beispielsweise eine Zeitdauer zwischen zwei Positionen des Schaltelements, erfasst und mit gespeicherten Werten verglichen. Liegt das Ablaufmerkmal innerhalb eines Toleranzbereichs (zwischen Zeitdauer 73 und 74), bleibt der Verlauf des Ansteuersignals bis zum Beginn der Synchronisation unverändert. Anderenfalls wird der genannte Verlauf verändert. Damit kann, ausgehend von einem Ausgangsverlauf, der Verlauf an die entsprechende Getriebe-Stellglied-Kombination optimal angepasst werden.

Einsatz in einem Kraftfahrzeug.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Zahnräderwechselgetriebes eines Kraftfahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

## Stand der Technik

[0002] In der EP 0 782 675 B1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Zahnräderwechselgetriebes eines Kraftfahrzeugs beschrieben. Verschiedene Gänge des Zahnräderwechselgetriebes können durch Einrücken verschiedener Übersetzungen eingelegt werden. Die Übersetzungen können mittels einer hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit unter Zwischenschaltung eines Schaltelements ein- und ausgerückt werden. Dabei wird eine Antriebsverbindung zwischen zwei Getriebegliedern, beispielsweise einer Welle und einem Zahnrad, hergestellt. Die Kolben-Zylinder-Einheit steht mit einem Elektromagnetventil in Form eines proportionalen Stromregelventils in Wirkverbindung, welches von einer Steuerungseinrichtung in Form einer elektronischen Steuereinheit mit einem Ansteuersignal angesteuert wird. Auf Grund verschiedener Anforderungen während Ein- oder Ausrückvorgängen der Übersetzungen kann sich die von der Kolben-Zylinder-Einheit erzeugte Kraft, die sogenannte Schaltlast, und damit das Ansteuersignal für das Elektromagnetventil während des Ein- oder Ausrückvorgangs verändern. Der Verlauf der Schaltlast bei verschiedenen, gleichartigen Ein- oder Ausrückvorgängen ändert sich hingegen nicht.

## Aufgabenstellung

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ein Verfahren zum Betrieb eines Zahnräderwechselgetriebes eines Kraftfahrzeugs vorzuschlagen, mittels welchem schnelle und gleichzeitig komfortable Schaltungen des Zahnräderwechselgetriebes ermöglicht werden. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

[0004] Bei einem Gangwechsel wird zuerst der Ursprungsgang ausgelegt, Anschließend der Zielgang gewählt und dann eingelegt. Das Einlegen und Auslegen wird als das sogenannte Schalten bezeichnet. Beim Wählen wird das Schaltelement, mit welchem sich der Zielgang einlegen lässt, ausgewählt. Dieses Schaltelement kann sich vom Schaltelement, mit welchem der Ursprungsgang ausgelegt wurde, unterscheiden. Das Wählen und Schalten kann mit einem Stellglied, beispielsweise bei Verwendung einer Schaltvorrichtung nach der DE 196 10 104 A1, durchgeführt werden. Das Wählen und Schalten kann auch mit zwei oder mehr Stellgliedern durchgeführt werden. In diesem Fall werden bei einem Gangwechsel mehr als ein Stellglied angesteuert. Zahnräderwechselgetriebe, bei welchem Gangwechsel mittels Stell-

gliedern durchgeführt werden, werden als automatisierte Zahnräderwechselgetriebe bezeichnet.

[0005] Bei einem Gangwechsel ändert sich die Drehzahl einer Getriebeeingangswelle und damit auch die Drehzahl einer Antriebsmaschine, welche beispielsweise über eine Kupplung mit der Getriebeeingangswelle verbunden ist. Da die Getriebeeingangswelle mit dem zuschaltenden Getriebeglied verbunden ist, hat die Getriebeeingangswelle die sogenannte Synchrondrehzahl des Zielgangs erreicht, wenn zugehörige Getriebeglieder, beispielsweise eine Welle und ein Zahnrad, die selbe Drehzahl aufweisen. Bei ungefähr gleicher Drehzahl der zugehörigen Getriebeglieder kann der Zielgang eingelegt werden. Die Anpassung der Drehzahl erfolgt während der sogenannten Synchronisation. Die Synchronisation der Getriebeeingangswelle ist damit gleichbedeutend mit der Synchronisation des zuschaltenden Getriebeglieds.

[0006] Bei einem sogenannten synchronisierten Zahnräderwechselgetriebe ist jedem Gang eine Synchronisierung zugeordnet. Bevor der Zielgang eingelegt werden kann, wird diese Synchronisierung durch das Schaltelement, welches den Zielgang einlegt, betätigt und damit die Drehzahlangleichung durchgeführt. Die Synchronisation findet also im Anschluss an das Wählen des Zielgangs statt. Bei Erreichen der Synchrondrehzahl wird die Synchronisierung durchgeschaltet und anschließend der Zielgang eingelegt. Bei einem sogenannten unsynchronisierten Zahnräderwechselgetriebe wird die Synchronisation mit einem oder mehreren zentralen Synchronisierelementen, beispielsweise mit der Antriebsmaschine oder einer Getriebebremse, durchgeführt. Die Synchronisation kann damit auch parallel zum Auswählen des Zielgangs ablaufen.

[0007] Erfindungsgemäß wird bei einem Gangwechsel von einem Ursprungsgang in einen Zielgang bis zu einem Beginn einer Synchronisation einer Getriebeeingangswelle auf eine Synchrondrehzahl im Zielgang wenigstens ein Ablaufmerkmal bestimmt.

[0008] Die Ablaufmerkmale charakterisieren den Ablauf des Gangwechsels. Die Ablaufmerkmale können beispielsweise als ermittelte Zeiten zwischen zwei Positionen des Schaltelements oder des Stellglieds, oder als ein Gradient einer Drehzahl des Zahnräderwechselgetriebes, beispielsweise einer Getriebeeingangswelle, ausgeführt sein. Die ermittelte Zeit zwischen zwei Positionen ist gleichbedeutend mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit des Schaltelements oder des Stellglieds zwischen den beiden genannten Positionen. Das Stellglied kann beispielsweise als eine hydraulische oder pneumatische Kolben-Zylinder-Einheit mit einem Ansteuerventil oder als ein Elektromotor ausgeführt sein.

[0009] Das bestimmte Ablaufmerkmal wird mit in der Steuerungseinrichtung gespeicherten Werten verglichen. In Abhängigkeit des Ergebnisses des Vergleichs wird ein Verlauf des nachfolgenden Ansteuersignals vom Beginn des Gangwechsels bis

zum Beginn der Synchronisation verändert. Der Verlauf wird so verändert bzw. adaptiert, dass beim nächsten Gangwechsel das Ablaufmerkmal näher bei dem entsprechenden gespeicherten Wert liegt. Dabei kann der Verlauf des Ansteuersignals eines oder mehrerer Stellglieder verändert werden. Der veränderte Verlauf kann in der Steuerungseinrichtung abgespeichert werden. Dabei kann der neue Verlauf direkt gespeichert werden oder nur die Veränderungen gegenüber einem Ausgangsverlauf.

[0010] Das Ansteuersignal kann beispielsweise als eine Stromvorgabe für ein elektrohydraulisches Ventil ausgeführt sein. Der Verlauf des Ansteuersignals kann beispielsweise geändert werden, indem die Höhe der Stromvorgabe durch eine Verschiebung des Verlaufs verändert wird.

[0011] Eine Anforderung an ein Zahnradwechselgetriebe ist die Durchführung von schnellen Gangwechseln. Ein Grund dafür ist, dass damit sehr schnell wieder ein Kraftfluss zwischen Antriebsmaschine und angetriebenen Fahrzeugrädern möglich ist. Um dies erreichen zu können, muss der Ursprungsgang sehr schnell ausgelegt werden und möglichst kurz nach Beginn des Gangwechsels mit der Synchronisation begonnen werden. Dazu wird das Stellglied so angesteuert, dass es eine große Kraft auf das Schaltelement ausübt. Bei einem synchronisierten Zahnradwechselgetriebe kann es bei einem zu schnellen Auslegen und Beginnen der Synchronisation zu einem sogenannten, unangenehm spürbaren Synchronschlag kommen. Ein Synchronschlag tritt dann auf, wenn die Synchronisierung zu schnell angefahren wird, die Kraft auf die Synchronisierung zu groß ist und damit die Synchronisation zu schnell durchgeführt wird. Bei einem unsynchronisierten Zahnradwechselgetriebe kann es bei einem zu schnellen Auslegen des Ursprungsgangs dazu kommen, dass eine Neutralposition des Schaltelements zu weit überschritten wird und es zu einem Kontakt des Schaltelements mit einem, zu einem weiteren Gang zugehörigen, Zahnrad kommt. Dies ist unangenehm spürbar und kann zu einer Beschädigung des Schaltelements oder des Zahnrads führen.

[0012] Ist die vom Stellglied auf das Schaltelement wirkende Kraft zu gering, kommt es zu sehr langsamen Schaltungen. Bei Verwendung einer Schaltungsvorrichtung nach der DE 196 10 104 A1 kann es bei einer zu geringen Kraft dazu kommen, dass die Bewegung des Schaltelements stockt und die Schaltzeit damit sehr stark ansteigt.

[0013] Die Stellglieder in verschiedenen Zahnradwechselgetrieben zeigen nicht alle das gleiche Verhalten. Die auf das Schaltelement wirkende Kraft ist bei gleichem Ansteuersignal teilweise stark unterschiedlich. Außerdem ist die zum Betätigen der Schaltelemente von verschiedenen Zahnradwechselgetrieben notwendige Kraft ebenfalls stark unterschiedlich. Hinzu kommt, dass das Verhalten der Stellglieder und der Schaltelemente auch von der Temperatur des Zahnradwechselgetriebes abhän-

gig ist und diese Abhängigkeit ebenfalls von einem Zahnradwechselgetriebe zum anderen unterschiedlich ist. Die genannten Effekte können sich während des Betriebs, beispielsweise durch Verschleiß zusätzlich ändern.

[0014] Die Festlegung eines einzigen Verlaufs des Ansteuersignals für verschiedene Zahnradwechselgetriebe kann damit nicht zu optimalen Gangwechseln in verschiedenen Zahnradwechselgetrieben führen. Durch die erfindungsgemäße Veränderung des Verlaufs des Ansteuersignals kann ausgehend von einem Ausgangsverlauf der Verlauf an die entsprechende Getriebe – Stellglied – Kombination optimal angepasst werden. Damit können schnelle und gleichzeitig komfortable Gangwechsel durchgeführt werden.

[0015] Die erfindungsgemäße Anpassung des Verlaufs des Ansteuersignals während des Betriebs des Zahnradwechselgetriebes ist gegenüber einer a priori Ermittlung des Verhaltens der Stellglieder und der Schaltelemente und entsprechender Auswahl des Verlaufs vor oder während der Montage des Zahnradwechselgetriebes erheblich weniger aufwändig und kostenintensiv. Eine Anpassung an eine Veränderung des Verhaltens während des Betriebs wäre bei einer a priori Ermittlung nicht möglich.

[0016] In Ausgestaltung der Erfindung ist das Ablaufmerkmal als eine ermittelte Zeitdauer zwischen zwei Positionen des Schaltelements ausgeführt. Die Position kann direkt am Schaltelement oder auch am Stellglied mit geeigneten Sensoren erfasst werden. Alternativ dazu ist auch eine indirekte Bestimmung der Zeitdauer über ein Messen einer korrespondierenden Größe, beispielsweise einer Drehzahl oder Drehzahländerung des Zahnradwechselgetriebes möglich. Die Ermittlung kann von der genannten Steuerungseinrichtung oder von einer weiteren Steuerungseinrichtung des Kraftfahrzeugs durchgeführt werden. Durch eine Ermittlung von mehreren Zeitdauern hintereinander bei einem Gangwechsel können mehrere Ablaufmerkmale bestimmt werden. Damit kann das Ansteuersignal in verschiedenen Phasen des Gangwechsels separat verändert werden.

[0017] Die Zeitdauer zwischen zwei Positionen des Schaltelements, also die Geschwindigkeit des Schaltelements, ist entscheidend für die Dauer des Gangwechsels und für ein eventuelles Auftreten eines Synchronschlags oder anderer unkomfortablen Effekte während der Schaltung. Durch die Berücksichtigung dieser entscheidenden Größe bei der Veränderung des Verlaufs können eventuell notwendige Veränderungen sehr schnell erreicht werden. Außerdem stehen in der Regel in automatisierten Zahnradwechselgetrieben Sensoren zur Ermittlung der Position des Schaltelements zur Verfügung. Damit ist die Bestimmung des Ablaufmerkmals einfach und kostengünstig umsetzbar.

[0018] In Ausgestaltung der Erfindung ist das Zahnradwechselgetriebe als ein synchronisiertes Zahnradwechselgetriebe ausgeführt. Die erste der ge-

nannten Positionen liegt in einem kleinen Abstand zu der Ausgangsposition des Schaltelements bei eingeletem Gang. Die zweite Position liegt in einem kleinen Abstand zu der Position des Schaltelements, bei der die Synchronisierung zu wirken beginnt. Im Idealfall ist der genannte Abstand Null, so dass die zweite Position genau der Position entspricht, bei der die Synchronisierung zu wirken beginnt. Diese Position kann zwischen verschiedenen Zahnradwechselgetriebe leicht unterschiedlich sein und sich auch während der Lebensdauer des Zahnradwechselgetriebe verändern. Die Position kann auf Grund von Messungen ebenfalls adaptiert werden. Bedingt durch diese Unsicherheit, wird die zweite Position nicht genau auf die Position gesetzt, bei der die Synchronisierung zu wirken beginnt.

[0019] Damit kann aus dem Ablaufmerkmal direkt abgeleitet werden, ob ein Synchronschlag bei dem Gangwechsel aufgetreten ist oder ob die Zeitdauer für das Auslegen und Wählen zu groß ist. Somit kann der Verlauf gezielt verändert werden, um schnelle und komfortable Gangwechsel zu erreichen.

[0020] In Ausgestaltung der Erfindung wird der Verlauf der Ansteuergröße nur in ausgewählten Betriebsbereichen des Kraftfahrzeugs verändert. Die Betriebsbereiche sind in Abhängigkeit von Betriebsgrößen des Kraftfahrzeugs festgelegt. Dies sind beispielsweise eine Drehzahl der Antriebsmaschine, eine Stellung eines Leistungsstellorgans, einer Temperatur des Zahnradwechselgetriebe oder eine Größe, welche die Fahrweise des Fahrzeugführers charakterisiert. Damit kann eine Veränderung des Verlaufs vorteilhafterweise nur in für den normalen Fahrbetrieb relevanten Betriebsbereichen durchgeführt werden. Beispielsweise kann bei extrem hohen oder extrem niedrigen Temperaturen des Zahnradwechselgetriebe eine Veränderung unterbleiben. Außerdem kann es Betriebsbereiche geben, in welchen der Verlauf durch anderen Einflussfaktoren verändert wird. Beispielsweise können bei einer sportlichen Fahrweise des Fahrzeugführers Gangwechsel schneller und damit unter Umständen unkomfortabler ausgeführt werden. Damit würde eine Veränderung des Verlaufs in diesen Betriebsbereichen für die übrigen Betriebsbereiche unzutreffende Ergebnisse bringen. Die sportliche Fahrweise kann beispielsweise erkannt werden, wenn die Drehzahl der Antriebsmaschine und/oder die Stellung des Leistungsstellorgans über Grenzwerten liegen.

[0021] In Ausgestaltung der Erfindung wird geprüft, ob das Ablaufmerkmal innerhalb eines gespeicherten Toleranzbereichs liegt. Falls dies der Fall ist, bleibt der Verlauf des Ansteuersignals unverändert und im anderen Fall wird der Verlauf verändert. Damit kann ein Sollbereich für das Ablaufmerkmal festgelegt werden, in dem das Ablaufmerkmal liegen sollte. Die Toleranzbereiche können gespeichert werden, indem die Grenzen der Bereiche oder ein Wert mit einem oder zwei erlaubten Abständen zu dem genannten Wert abgespeichert wird. Da die Gangwechsel auf

Grund unterschiedlicher Betriebsbedingungen des Kraftfahrzeugs nicht immer exakt gleich ablaufen, unterscheiden sich die Ablaufmerkmale zumindest leicht von einem Gangwechsel zum nächsten. Mit den Toleranzbereichen kann eine dauernde Veränderung des Ansteuersignals verhindert werden. Die Rechenbelastung für die Steuerungseinrichtung wird somit gering gehalten.

[0022] In Ausgestaltung der Erfindung ist die Veränderung des Verlaufs von einem Abstand des Ablaufmerkmals zum Toleranzbereich abhängig. Insbesondere ist die Veränderung zumindest in einem Bereich um den Toleranzbereich umso größer, je größer der genannte Abstand ist. Beispielsweise kann die Veränderung zu dem genannten Abstand proportional sein. Damit wird der Verlauf so geändert, dass das Ablaufmerkmal möglichst schnell in den Toleranzbereich verschoben wird.

[0023] In Ausgestaltung der Erfindung wird in dem Fall, in dem die ermittelte Zeitdauer einer unteren Grenze des Toleranzbereichs entspricht, der Verlauf des Ansteuersignals um einen signifikanten Wert verändert. Der Wert der Änderung nimmt mit steigendem Abstand zu. Wenn die ermittelte Zeitdauer kleiner als die untere Grenze des Toleranzbereichs ist, wird die Synchronisierung zu schnell angefahren. In diesem Fall kommt es zu einem Synchronschlag und damit zu einem unkomfortablen Gangwechsel. Um dies schon beim nächsten Gangwechsel zu verhindern, wird der Verlauf in diesem Fall deutlich verändert. Dies wird dadurch erreicht, dass der Verlauf sofort um einen signifikanten Wert verändert wird, sobald die Zeitdauer der unteren Grenze des Toleranzbereichs entspricht und der Wert mit steigendem Abstand zunimmt. Damit wird unkomfortablen Schaltungen sehr schnell entgegengewirkt.

[0024] In Ausgestaltung der Erfindung ist die Veränderung des Ansteuersignals in einem Änderungsschritt begrenzt. Das bedeutet, dass der Wert der Veränderung ab einem Abstand des Ablaufmerkmals zum Toleranzbereich nicht mehr ansteigt. Damit kann verhindert werden, dass eine extreme Abweichung, welche beispielsweise durch eine fehlerhafte Bestimmung des Ablaufmerkmals oder durch einmalige, ungünstige Betriebsbedingungen zustande kommen kann, eine zu große Änderung des Ansteuersignals zur Folge hat.

[0025] In Ausgestaltung der Erfindung ist der Verlauf des Ansteuersignals vom Ursprungs- und/oder Zielgang abhängig. Damit ist auch die Veränderung des Verlaufs vom Ursprungs- und/oder Zielgang abhängig. Die Schaltelemente und die bei einem Gangwechsel beteiligten Getriebeglieder sind bei den verschiedenen Gangwechseln unterschiedlich. Sie unterscheiden sich zum einen geometrisch und zum anderen können sie unterschiedlich hohen Verschleiß aufweisen. Damit sind auch die Anforderungen an das Ansteuersignal für schnelle und komfortable Schaltungen unterschiedlich. Durch eine Abhängigkeit des Verlaufs vom Ursprungs- und/oder Zielgang

kann für jeden Gangwechsel ein optimaler Verlauf erreicht werden.

[0026] In Ausgestaltung der Erfindung ist der Verlauf des Ansteuersignals von einer Temperatur des Zahnradwechselgetriebes abhängig. Damit ist auch die Veränderung des Verlaufs von der genannten Temperatur abhängig. Das Verhalten des Stellglieds, insbesondere bei einem hydraulischen Stellglied, und der weiteren Getriebeglieder ist stark von der Temperatur des Zahnradwechselgetriebes abhängig. Zusätzlich ist diese Abhängigkeit bei verschiedenen Getrieben verschieden stark ausgeprägt. Durch eine Abhängigkeit des Verlaufs von der Temperatur kann für jede Temperatur ein optimaler Verlauf erreicht werden. Beispielsweise kann die Temperatur in verschiedene Bereiche eingeteilt werden, in welchen jeweils ein Verlauf des Ansteuersignals genutzt wird. Bei einer Veränderung wird nur jeweils der Verlauf in dem Bereich geändert, in dem die aktuelle Temperatur des Zahnradwechselgetriebes liegt.

[0027] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus der Beschreibung und der Zeichnung hervor. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0028] Fig. 1 einen Ausschnitt eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs mit einem automatisierten Zahnradwechselgetriebe,

[0029] Fig. 2a ein Diagramm zur zeitlichen Darstellung des Verlaufs eines Ansteuersignals für ein Stellglied des Zahnradwechselgetriebes bei einem Gangwechsel,

[0030] Fig. 2b ein Diagramm zur zeitlichen Darstellung der Position eines Schaltelements des Zahnradwechselgetriebes bei einem Gangwechsel und

[0031] Fig. 3 ein Diagramm zur Darstellung einer Veränderung des Verlaufs des Ansteuersignals in Abhängigkeit von einem bestimmten Ablaufmerkmal.

[0032] Gemäß Fig. 1 verfügt ein Antriebsstrang 10 eines nicht dargestellten Kraftfahrzeugs über eine Antriebsmaschine 11, welche von einer Steuerungseinrichtung 12 angesteuert wird. Die Steuerungseinrichtung 12 steht mit einem Leistungsstellorgan 13 in Signalverbindung, mittels welchem ein Fahrzeugführer Vorgaben für die Stellung einer Drosselklappe oder einem abgegebenen Drehmoment der Antriebsmaschine 11 machen kann.

[0033] Die Antriebsmaschine 11 ist mittels einer automatisierten Kupplung 14 mit einem automatisierten Zahnradwechselgetriebe 15 verbunden. Mittels der Kupplung 14 kann ein Kraftfluss zwischen der Antriebsmaschine 11 und dem Zahnradwechselgetriebe 15 hergestellt und getrennt werden. Die Kupplung 14 wird von einem Stellglied 16 betätigt, welches von einer Steuerungseinrichtung 17 angesteuert wird. Die Steuerungseinrichtung 17 steht außerdem mit einem Schalthebel 18 in Signalverbindung, mittels welchem der Fahrzeugführer Schaltungen im

Zahnradwechselgetriebe 15 auslösen kann. Alternativ dazu können Schaltungen auch von der Steuerungseinrichtung 17 in Abhängigkeit von an sich bekannten Schaltkennfeldern ausgelöst werden.

[0034] Das Zahnradwechselgetriebe 15 verfügt über eine Getriebeeingangswelle 19, welche mit der Kupplung 14 verbunden ist, eine Vorgelegewelle 20 und eine Getriebeausgangswelle 21, welche über ein nicht dargestelltes Achsgetriebe mit nicht dargestellten angetriebenen Rädern des Kraftfahrzeugs verbunden ist. Die Getriebeeingangswelle 19 ist mittels einer Konstanten 22 mit der Vorgelegewelle 20 verbunden. Auf der Vorgelegewelle 20 sind drehfest zwei Festräder 23, 24 für den 1. und 2. Gang des Zahnradwechselgetriebes 15 angeordnet. Die Festräder 23, 24 kämmen mit zugehörigen Losrädern 25, 26, welche verdrehbar auf der Getriebeausgangswelle 21 angeordnet sind. Mittels einem auf der Getriebeausgangswelle 21 verdrehsicher und axial beweglich angeordneten, als Schiebemuffe ausgeführten Schaltelements 27 kann jeweils eines der beiden Losräder 25, 26 verdrehsicher mit der Getriebeausgangswelle 21 verbunden werden. An den Losrädern 25, 26 sind außerdem Synchronisierungen 28, 29 angeordnet, welche vom Schaltelement 27 betätigt werden können. Mittels der Synchronisierungen 28, 29 wird eine Drehzahlangleichung bei einem Gangwechsel erreicht.

[0035] Im 1. Gang ist das Losrad 25 mittels des Schaltelements 27 mit der Getriebeausgangswelle 21 verbunden. Bei einer Schaltung vom 1. in den 2. Gang wird als erstes das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 11 verringert und die Kupplung 14 geöffnet. Anschließend wird das Schaltelement 27 in die dargestellte Neutralposition gebracht und anschließend durch weitere axiale Verschiebung zuerst die Drehzahl der Vorgelegewelle 20 und der Getriebeeingangswelle 19 auf die Drehzahl des 2. Gangs, die Synchrondrehzahl, gebracht und dann das Losrad 26 mit der Getriebeausgangswelle 21 verdrehsicher verbunden. Damit ist der 2. Gang im Zahnradwechselgetriebe 15 eingelegt. Im letzten Abschnitt der Schaltung wird die Drehzahl der Antriebsmaschine 11 an die Drehzahl der Getriebeeingangswelle 19 angepasst, die Kupplung geschlossen und das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 11 wieder erhöht.

[0036] Das Schaltelement 27 ist über ein Verbindungselement 30 mit einem Kolben 31 einer hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit 32 verbunden. Die Kolben-Zylinder-Einheit 32 weist auf beiden Seiten des Kolbens 31 jeweils einen Druckraum 33, 34 auf. Die Druckräume 33, 34 sind jeweils mit Ausgängen elektrohydraulischer Ventile 35, 36 verbunden, welche von einer Pumpe 37 mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid versorgt werden. Die Ventile 35, 36 werden von der Steuerungseinrichtung 17 mittels eines Ansteuersignals angesteuert. Damit kann der Kolben 31 und somit auch das Schaltelement 27 nach Maßgabe der Steuerungseinrichtung 17 axial

entlang der Getriebeausgangswelle 21 verschoben und die Gänge des Zahnradwechselgetriebes 15 ein- und ausgelegt werden.

[0037] Zusätzlich steht die Steuerungseinrichtung 17 mit einem Positionssensor 38, welcher an der Kolben-Zylinder-Einheit 32 angeordnet ist, und einem Temperatursensor 39, welcher innerhalb des Zahnradwechselgetriebes 15 angeordnet ist, in Signalverbindung. Mittels des Positionssensors 38 kann die Position des Kolbens 31 und damit des Schaltelements 27 erfasst werden. Mit Hilfe des Temperatursensors 39 kann eine Temperatur des Zahnradwechselgetriebes 15 gemessen werden.

[0038] Die hydraulische Ansteuerung des Schaltelements ist stark vereinfacht dargestellt. Das hydraulische System kann zusätzlich über Steuer- oder Regelschieber verfügen.

[0039] Das Zahnradwechselgetriebe kann auch nur ein Ventil aufweisen, welches über eine geeignete hydraulische Umschaltung auf beide Seiten des Kolbens wirken kann. Damit kann der Kolben und das Schaltelement auf Grund der Ansteuerung eines Ventils in beiden Richtungen verschoben werden.

[0040] Das Zahnradwechselgetriebe kann weitere Gänge aufweisen, welche über weitere Schaltelemente ein- und auslegbar sind. In diesem Fall wird bei einem Gangwechsel nach dem Auslegen des Ursprungsgangs zuerst das Schaltelement des Zielgangs mittels einer Wählvorrichtung ausgewählt und anschließend der Zielgang eingelegt.

[0041] In der Fig. 2a ist der zeitliche Verlauf des Ansteuersignals für das Ventil 35 (Linie 42) des Zahnradwechselgetriebes 15 aus Fig. 1 und in Fig. 2b der zeitliche Verlauf der Position des Schaltelements 27 (Linie 43) bei einem Gangwechsel vom 1. in den 2. Gang des Zahnradwechselgetriebes 15 idealisiert und nicht maßstäblich dargestellt. Das Ventil 36 wird während des Gangwechsels nicht angesteuert.

[0042] In der Fig. 2a ist auf einer Abszisse 40a die Zeit, auf einer Ordinate 41a ein Soll-Strom aufgetragen. In der Fig. 2b sind auf einer Abszisse 40b die Zeit und auf einer Ordinate 41b eine Position bezogen auf eine feste Position aufgetragen.

[0043] In einer Phase a ist der Ursprungsgang eingelegt. Der Soll-Strom für das Ventil 35 ist Null, damit wird keine Kraft auf das Schaltelement 27 ausgeübt. Das Schaltelement 27 befindet sich in einer Ausgangsposition 44. Zu Beginn einer Phase b liegt eine Schaltanforderung vor und ein Gangwechsel wird gestartet. Dazu wird in der Phase b das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 11 reduziert und die Kupplung 14 geöffnet (nicht dargestellt). Gleichzeitig wird dem Ventil 35 ein kleiner Soll-Strom vorgegeben, um eine schnellere Reaktion bei der kurz darauf folgenden stärkeren Ansteuerung zu gewährleisten. Das Schaltelement 27 verharrt in der Phase b in der Ausgangsposition. Am Ende der Phase b ist die Kupplung 14 geöffnet, so dass im Zahnradwechselgetriebe 15 kein Drehmoment mehr übertragen wird. Damit kann das Schaltelement 27 verschoben wer-

den.

[0044] Zu Beginn der Phase c (Zeitpunkt 45) wird der Soll-Strom sprunghaft auf einen Stromwert 46 erhöht und damit eine Kraft auf das Schaltelement 27 aufgebaut. Auf Grund von Reaktionszeiten und Elastizitäten beginnt sich erst zum Zeitpunkt 47 das Schaltelement 27 von der Ausgangsposition mit einer konstanten Änderungsgeschwindigkeit weg zu bewegen. Die Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten 45 und 47 wird als eine Totzeit bezeichnet. In der Phase c wird ein erstes Ablaufmerkmal des Gangwechsels in Form einer Zeitspanne zwischen zwei Positionen des Schaltelements 27 bestimmt. Die erste Position 48 ist um einen geringen Abstand von der Ausgangsposition 44 entfernt. Der Grund dafür ist, dass der reale Verlauf der Position des Schaltelements 27 keinen Knick wie in der Fig. 2b aufweist, sondern sich die Position zuerst sehr langsam ändert, bis eine nahezu konstante Änderungsgeschwindigkeit erreicht wird. Der Abstand der Position 48 zur Ausgangsposition 44 ist so bemessen, dass bei Erreichen der Position 48 sich die nahezu konstante Änderungsgeschwindigkeit eingestellt hat.

[0045] Bei Erreichen einer Position 50 bei einem Zeitpunkt 51 wird der Soll-Strom auf einen etwas kleineren Stromwert 52 reduziert. Wenn sich das Schaltelement 27 in einer Neutralposition 53 befindet (zum Zeitpunkt 54) ist der Ursprungsgang sicher ausgelegt, so dass nach einer weiteren Positionsänderung um ein bestimmtes Maß die Synchronisierung des Zielgangs betätigt wird.

[0046] Die Neutralposition 53 entspricht der zweiten Position zur Bestimmung des ersten Ablaufmerkmals. Das erste Ablaufmerkmal entspricht damit der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten 49 und 54.

[0047] Um einen Synchronschlag möglichst zu vermeiden, wird zum Zeitpunkt 54 und damit zu Beginn der Phase d der Soll-Strom auf einen Stromwert 55 reduziert, von dem aus der Soll-Strom dann entlang einer Rampe kontinuierlich ansteigt. Kurz vor Erreichen einer Synchronisierposition 56, bei welcher das Schaltelement 27 die Synchronisierung des Zielgangs erreicht, wird der Soll-Strom zum Zeitpunkt 57 nochmals auf den Stromwert 55 reduziert und ebenfalls entlang einer Rampe wieder erhöht. Bei Erreichen der Synchronisierposition 56 beginnt die Synchronisation der Getriebeeingangswelle 19 (Phase e).

[0048] In der Phase d und im Anfangsbereich der Phase e (bevor die Synchronisation beginnt) wird ein zweites Ablaufmerkmal bestimmt. Dazu wird die Zeitspanne zwischen den Positionen 58 (Zeitpunkt 60) und 59 (Zeitpunkt 61) bestimmt. Die Position 58 ist ein wenig größer als die Neutralposition 53. Sie ist so gewählt, dass sich bei Erreichen der Position 58 die Änderungsgeschwindigkeit nach der Verringerung des Soll-Stroms zum Zeitpunkt 54 wieder auf einen nahezu konstanten Wert eingestellt hat. Der Zeitpunkt 60 und damit die Position 58 sind von der genannten Totzeit abhängig. Die Position 59 ist nur we-



nig kleiner als die Synchronisierposition 56. Aus der Differenz der Positionen 58 und 59, sowie der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten 60 und 61 wird als zweites Ablaufmerkmal die Geschwindigkeit des Schaltelements 27 kurz vor Erreichen der Synchronisierung des Zielgangs bestimmt.

[0049] Das erste Ablaufmerkmal kann auch als Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten 49 (Position 48) und 60 (Position 58) oder den Zeitpunkten 49 (Position 48) und 61 (Position 59) bestimmt werden.

[0050] Das erste und zweite Ablaufmerkmal wird mit in der Steuerungseinrichtung 17 gespeicherten Werten verglichen. In Abhängigkeit des Ergebnisses des Vergleichs wird der Verlauf des Soll-Stroms für das Ventil 35 geändert und der geänderte Verlauf für kommende Gangwechsel verwendet.

[0051] In Fig. 3 sind die Veränderungen des Soll-Stroms in der Phase c in Abhängigkeit vom ersten Ablaufmerkmal, der Zeitspanne zwischen der Position 48 (Zeitpunkt 49) und der Neutralposition 53 (Zeitpunkt 54), aufgetragen.

[0052] In der Fig. 3 ist auf einer Abszisse 70 eine Zeitdauer, auf einer Ordinate 71 eine Strom-Änderung aufgetragen. Die Änderungskennlinie 72 stellt die Veränderung des Soll-Stroms in einem Änderungsschritt dar.

[0053] Nach der Bestimmung des ersten Ablaufmerkmals, der Zeitdauer zwischen den Zeitpunkten 49 und 54, wird mit Hilfe der Änderungskennlinie 72 ein Änderungswert für die Änderung des Soll-Stroms in der Phase c ermittelt. Der veränderte Verlauf des Soll-Stroms ergibt sich aus der Summe des ursprünglichen Verlaufs und dem Änderungswert. Damit können die Stromwerte 46 und 52 aus Fig. 2a in Richtung kleinerer oder größerer Stromwerte verschoben werden.

[0054] Zur Bestimmung des Änderungswerts wird der zu der Zeitdauer gehörende Änderungswert aus der Änderungskennlinie 72 ermittelt. Ist die Zeitdauer größer als eine Zeitdauer 73 und kleiner als eine Zeitdauer 74, so ist der Änderungswert Null, der Verlauf des Soll-Stroms ändert sich also nicht. Der Bereich zwischen den Zeitdauern 73 und 74 bilden einen sogenannten Toleranzbereich, wobei die Zeitdauer 73 einer unteren Grenze und die Zeitdauer 74 einer oberen Grenze des Toleranzbereichs entspricht.

[0055] Zwischen der Zeitdauer 74 und einer größeren Zeitdauer 75 steigt die Änderungskennlinie 72 linear von Null auf einen oberen Änderungswert 76 an. Für Zeitdauern die größer sind als die Zeitdauer 75 entspricht der Änderungswert konstant dem oberen Änderungswert 76. Der Änderungswert ist damit in Richtung großer Zeitdauern begrenzt.

[0056] Bei der Zeitdauer 73, also an der unteren Grenze des Toleranzbereichs, weist die Änderungskennlinie 72 einen Sprung auf einen signifikanten, negativen Änderungswert 77 auf. Zwischen der Zeitdauer 73 und einer kleineren Zeitdauer 78 fällt die Änderungskennlinie 72 linear vom Änderungswert 77 auf einen unteren Änderungswert 79 ab. Für Zeitdauern

die kleiner sind als die Zeitdauer 78 entspricht der Änderungswert konstant dem unteren Änderungswert 79. Der Änderungswert ist damit in Richtung kleiner Zeitdauern begrenzt.

[0057] Der Verlauf des Soll-Stroms in der Phase d wird auf vergleichbare Weise verändert. Dazu wird mit Hilfe des zweiten Ablaufmerkmals, der Geschwindigkeit des Schaltelements 27 zwischen den Positionen 58 und 59, und einer zweiten Änderungskennlinie ein zweiter Änderungswert bestimmt. Der veränderte Startwert für die Soll-Strom-Rampe (Stromwert 55) ergibt sich aus der Summe des ursprünglichen Startwerts und dem zweiten Änderungswert.

[0058] In der zweiten Änderungskennlinie (nicht dargestellt) ist der zweite Änderungswert über der bestimmten Geschwindigkeit aufgetragen. Der qualitative Verlauf entspricht nahezu dem Verlauf der Änderungskennlinie 72 in Fig. Der Verlauf der zweiten Änderungskennlinie unterscheidet sich lediglich dadurch, dass sie an der unteren Grenze des Toleranzbereichs keinen Sprung aufweist.

[0059] Der Verlauf des Soll-Stroms kann auch von einer Temperatur des Zahnradwechselgetriebes abhängig sein.

[0060] Alternativ zu der getrennten Veränderung des Verlaufs des Soll-Stroms in den Phasen c und d kann der Verlauf für beide Phasen in Abhängigkeit von einem Ablaufmerkmal gemeinsam verändert werden.

[0061] Außerhalb des Toleranzbereichs sind auch andere Verläufe der Änderungskennlinie, beispielsweise parabelförmige Verläufe, möglich.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Zahnradwechselgetriebes eines Kraftfahrzeugs, wobei das Zahnradwechselgetriebe (15) über
  - ein Schaltelement (27), welches der Herstellung einer Antriebsverbindung zwischen zwei Getriebegliedern (Getriebeausgangswelle 21, Losrad 25, 26) dient,
  - ein Stellglied (Ventil 35, 36) und
  - eine Steuerungseinrichtung (17) verfügt
 und die Steuerungseinrichtung (17) das Stellglied (Ventil 35, 36) zur Betätigung des Schaltelements (27) mit einem Ansteuersignal ansteuert, **dadurch gekennzeichnet**, dass
  - bei einem Gangwechsel von einem Ursprungsgang in einen Zielgang bis zu einem Beginn einer Synchronisation einer Getriebeeingangswelle (19) auf eine Synchrondrehzahl im Zielgang wenigstens ein Ablaufmerkmal bestimmt,
  - das bestimmte Ablaufmerkmal mit gespeicherten Werten verglichen und
  - ein Verlauf des nachfolgenden Ansteuersignals vom Beginn des Gangwechsels bis zum Beginn der Synchronisation in Abhängigkeit des Ergebnisses des Vergleichs verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ablaufmerkmal als eine ermittelte Zeitdauer zwischen zwei Positionen des Schaltelements (27) ausgeführt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
 – das Zahnradwechselgetriebe (15) als ein synchronisiertes Zahnradwechselgetriebe ausgeführt ist,  
 – die erste der genannten Positionen (48) in einem kleinen Abstand zu der Ausgangsposition (44) des Schaltelements (27) bei eingelegtem Gang liegt und  
 – die zweite Position (53, 58, 59) in einem kleinen Abstand zu der Position des Schaltelements (27) liegt, bei der die Synchronisierung (28, 29) zu wirken beginnt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf nur in ausgewählten Betriebsbereichen des Kraftfahrzeugs verändert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass Grenzen der Betriebsbereiche von einer Drehzahl einer Antriebsmaschine (11) und/oder einer Stellung eines Leistungsstellorgans (13) abhängig sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass geprüft wird, ob das Ablaufmerkmal innerhalb eines gespeicherten Toleranzbereichs liegt und  
 – falls dies der Fall ist, der Verlauf des Ansteuersignals unverändert bleibt und  
 – im anderen Fall der Verlauf verändert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Veränderung des Verlaufs von einem Abstand des Ablaufmerkmals zum Toleranzbereich abhängig ist.

8. Verfahren nach Anspruch 2 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Fall, in dem die ermittelte Zeitdauer (73) einer unteren Grenze des Toleranzbereichs entspricht, der Verlauf des Ansteuersignals um einen signifikanten Wert (77) verändert wird und der Wert der Änderung mit steigendem Abstand zunimmt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Veränderung des Ansteuersignals in einem Änderungsschritt begrenzt ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf des Ansteuersignals vom Ursprungs- und/oder Zielgang abhängig ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis

10, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf des Ansteuersignals von einer Temperatur des Zahnradwechselgetriebes (15) abhängig ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



Fig. 1

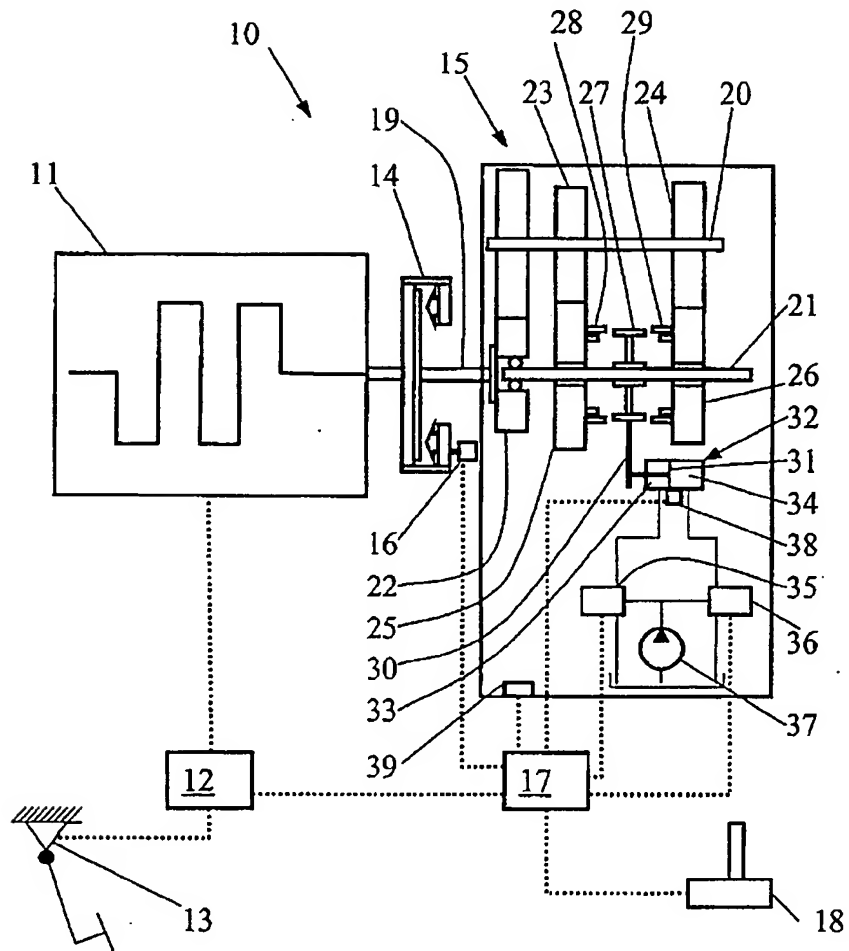


Fig. 2a

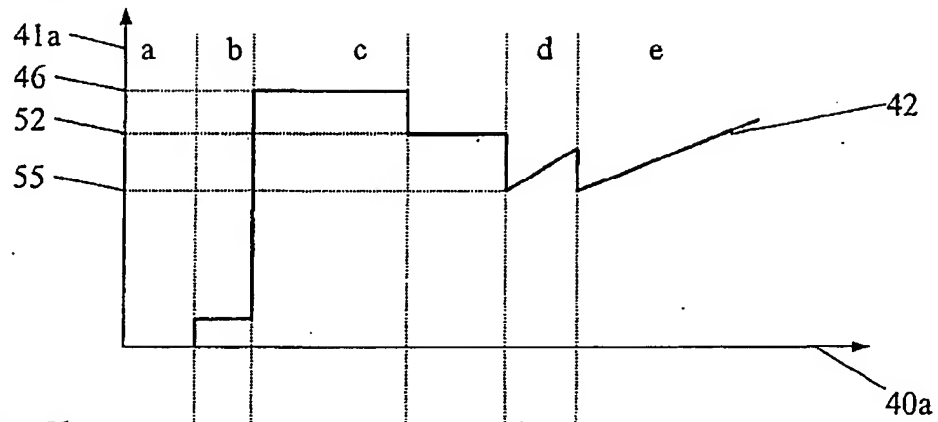


Fig. 2b

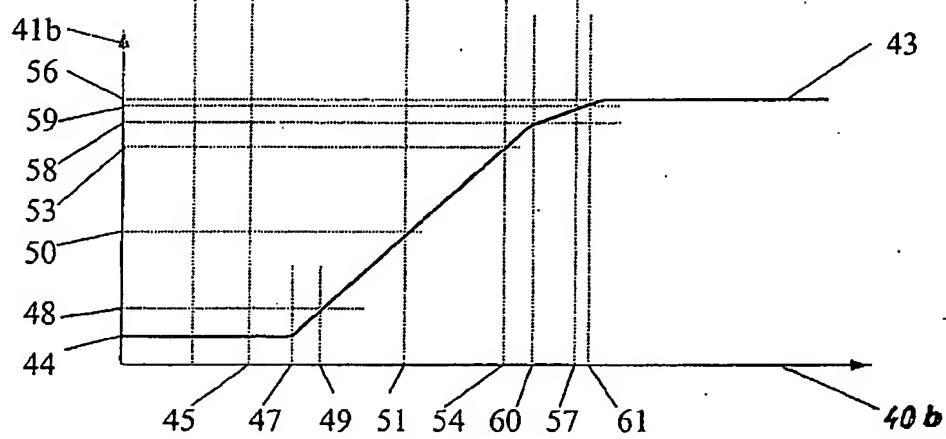


Fig. 3

